

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-202269

(43)Date of publication of application : 05.08.1997

(51)Int.Cl.

B62D 25/20

(21)Application number : 08-012802 (71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

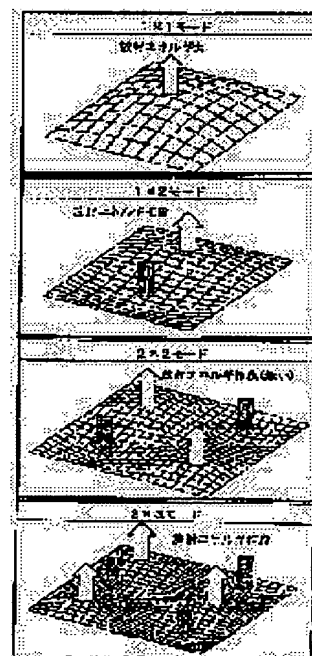
(22)Date of filing : 29.01.1996 (72)Inventor : HIDA KOJI
SUGIHARA TAKESHI
UTSUNOMIYA AKINORI
NAKAO NORIHIKO
KAMURA TAKANOBU

(54) EMITTED SOUND REDUCING METHOD FOR PANEL AND PANEL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce emitted sound of a vehicle body panel so as reduce road noise of a vehicle at running at setting a vibration made exciting a panel to be a mode of low emission efficiency in the frequency to reduce emitted sound.

SOLUTION: When a vibration mode exciting a panel is set to be a $(n \times m)$ mode [(n) is the number of loop of vibration in a specified direction, (m) is the number of loop of vibration in the perpendicular direction to the fixed direction], a vibration mode of low radiation efficiency is a vibration mode of $(n \times m) =$ an even number such a as a 2×2 mode. In a 1×1 mode, the emission efficiency is high and the emitted sound is large, but in a 1×2 mode, a 2×2 mode, or a 2×3 mode, emitted sound is cancelled each other and the emission efficiency is lowered. Namely, when a vibration mode is set to be $(n \times m)$, a panel construction excited by a frequency to reduce emitting sound in a vibration mode of $(n \times m) =$ an even number is constituted, the harmful emitted sound is reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.11.1999

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3399732

[Date of registration] 21.02.2003

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-202269

(43) 公開日 平成9年(1997) 8月5日

(51) Int.Cl.⁹

B 6 2 D 25/20

識別記号

庁内整理番号

F I

B 6 2 D 25/20

技術表示箇所

G

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願平8-12802

(22) 出願日

平成8年(1996) 1月29日

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 飛田 幸司

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72) 発明者 杉原 毅

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72) 発明者 宇都宮 昭則

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

最終頁に続く

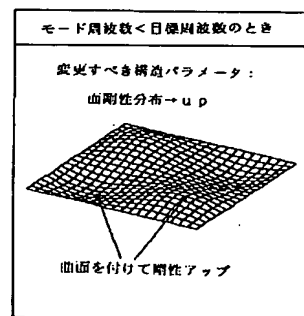
(54) 【発明の名称】 パネルの放射音低減方法およびパネル

(57) 【要約】

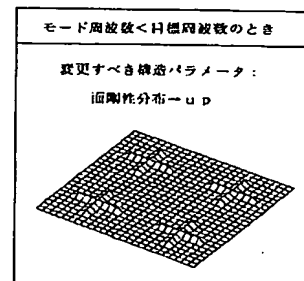
【目的】 車体のフロアパネル等から放射される放射音を低減して、車室内騒音レベルを低下させる。

【解決手段】 放射音を低減すべき目標周波数を設定し、パネルの寸法、材質、支持条件等の制約条件を抽出し、該制約条件下でパネルに発生する複数の振動モードのそれぞれの周波数および歪みエネルギー分布を検出し、放射効率の低い振動モードの周波数を目標周波数に近付けるべくパネルの構造パラメータを調整する。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射音を低減すべき周波数においてパネルに励起される振動モードを放射効率の低いものとすることを特徴とするパネルの放射音低減方法。

【請求項2】 放射音を低減すべき目標周波数 f を設定し、前記パネルに励起される複数の振動モードのうち放射効率の低い振動モードの周波数を前記目標周波数 f に近付けるべく、前記パネルの構造パラメータを調整することを特徴とする請求項1記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項3】 放射音を低減すべき目標周波数 f を設定し、前記パネルに励起される複数の振動モードのうち放射効率の高い振動モードの周波数を前記目標周波数 f から遠ざけるべく、前記パネルの構造パラメータを調整することを特徴とする請求項1または2記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項4】 (a) 前記パネルの寸法、材質、支持条件等の制約条件を抽出し、

(b) 該制約条件下で前記パネルに発生する複数の振動モードのそれぞれの周波数および歪みエネルギー分布を検出し、

(c) 前記目標周波数 f と各振動モードの周波数との大小関係から、変更すべき構造パラメータを決定し、

(d) 各振動モードの歪みエネルギー分布から、前記構造パラメータを変更すべき部位を決定することを特徴とする請求項2または3記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項5】 前記パネルが正方形または正方形に近い長方形でない場合、フレームまたはビードで周囲を拘束された正方形または正方形に近い長方形を前記パネル内に形成することを特徴とする請求項4記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項6】 前記パネルが車両の車体パネルよりなり、サスペンションの共振周波数を前記目標周波数 f として設定することを特徴とする請求項2ないし5うちのいずれか1項記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項7】 前記車両がストラット式サスペンションを備えており、該ストラット式サスペンションの車幅方向への倒れ共振周波数を前記目標周波数 f として設定することを特徴とする請求項6記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項8】 前記パネルが車両の車体パネルよりなり、前記車両のタイヤ空洞共鳴周波数を前記目標周波数 f として設定することを特徴とする請求項2ないし7のうちのいずれか1項記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項9】 前記車体パネルがフロアパネルよりなることを特徴とする請求項6ないし8のうちのいずれか1項記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項10】 前記構造パラメータの変更を、前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面剛性分布を変化させることにより行なうことを特徴とする請求項4記

載のパネルの放射音低減方法。

【請求項11】 前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面剛性分布を、面曲率の調整、突出部の形成、突出部の突出量の調整、およびビードの形成のうちの少なくとも1つにより変化させることを特徴とする請求項10記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項12】 前記構造パラメータの変更を、前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面密度分布を変化させることにより行なうことを特徴とする請求項4記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項13】 前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面密度分布を、面密度の調整および／または制振材添付により変化させることを特徴とする請求項12記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項14】 前記パネルに励起される振動モードを $n \times m$ モード($n = 1, 2, 3, \dots$ 所定方向の振動の腹の数; $m = 1, 2, 3, \dots$ 前記所定方向に対して垂直方向の振動の腹の数)とすると、振動モードが、前記放射効率の低い $n \times m =$ 偶数となる振動モードよりなることを特徴とする請求項1ないし13のうちのいずれか1項記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項15】 前記振動モードが 2×2 モードよりなることを特徴とする請求項14記載のパネルの放射音低減方法。

【請求項16】 周囲を拘束されたほぼ正方形または正方形に近いほぼ長方形のパネルであって、放射音を低減すべき振動周波数に、放射効率の低い振動モードが励起されるように構造パラメータが設定されてなることを特徴とするパネル。

【請求項17】 前記パネルが車両の車体パネルの場合に、前記放射音を低減すべき振動周波数が、サスペンションの共振周波数に設定されてなることを特徴とする請求項16記載のパネル。

【請求項18】 前記パネルが車両の車体パネルよりなり、前記放射音を低減すべき振動周波数が、前記車両のタイヤ空洞共鳴周波数に設定されてなることを特徴とする請求項16または17記載のパネル。

【請求項19】 前記車体パネルがフロアパネルよりなることを特徴とする請求項17または18記載のパネル。

【請求項20】 前記フロアパネルが、車体フレーム、サイドシルおよびフロアトンネル形成部材により周囲を拘束されてなることを特徴とする請求項19記載のパネル。

【請求項21】 前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面剛性分布の調整により、前記構造パラメータの設定が行なわれてなることを特徴とする請求項16ないし20のうちのいずれか1項記載のパネル。

【請求項22】 前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面曲率の調整、突出部の形成、該突出部の突出

量の調整、およびビードの形成のうちの少なくとも1つにより、面剛性分布の調整が行なわれてなることを特徴とする請求項2記載のパネル。

【請求項23】 前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面密度分布の調整により、前記構造パラメータの設定が行なわれてなることを特徴とする請求項16ないし22のうちのいずれか1項記載のパネル。

【請求項24】 前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面密度の調整により、面密度分布の調整が行なわれてなることを特徴とする請求項23記載のパネル。

【請求項25】 前記パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分への制振材添付により、面密度分布の調整が行なわれてなることを特徴とする請求項23または24記載のパネル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パネルの放射音低減方法およびパネルに関し、特に車両走行中のロードノイズの低減に有効な車体パネルの放射音低減方法およびこの方法により放射音を低減された車体パネルに関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車においては、走行中にサスペンション装置の共振やタイヤの空洞共鳴に起因して車室内へ伝達される振動および騒音（ロードノイズ）を低減するために、従来より種々の防振、防音対策が施されている。

【0003】特に車室の床面を形成するフロアパネル等の車体パネルに制振材を貼付したり、実開平4-43578号に開示されているように、複数本のリブを交差させて形成して車体パネルの面剛性を高めたりすることにより、振動および騒音の低減を図ることが行なわれている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、例えばリブを備えた面剛性の高いパネルの場合、リブを備えていない場合に比較して、振動のレベルは低下するものの、音をより多く放射する傾向があり、そのため、車室内に伝達される振動は低下しても、騒音は十分に低下していないことがある。また、面剛性が高いと、制振材による制振効果も薄らぐことも判明している。

【0005】一方、面剛性の低い平坦なパネル面には、分割振動により、数多くの振動モードが励起されるが、振動モード間には放射効率に大きな差異が存在することも判明している。

【0006】そこで本発明は、パネル面に励起される各振動モードの放射効率に着目したパネルの放射音低減方法およびパネルを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によるパネルの放

射音低減方法は、放射音を低減すべき周波数においてパネルに励起される振動モードを放射効率の低いものとすることを特徴とするものである（請求項1）。

【0008】その場合に、放射音を低減すべき目標周波数 f_t を設定し、パネルに励起される複数の振動モードのうち放射効率の低い振動モードの周波数を目標周波数 f_t に近付けるべく、パネルの構造パラメータを調整してもよい（請求項2）、放射効率の高い振動モードの周波数を目標周波数 f_t から遠ざけるべく、パネルの構造パラメータを調整してもよい（請求項3）。また、放射効率の低い振動モードの周波数を目標周波数 f_t に近付け、かつ放射効率の高い振動モードの周波数を目標周波数 f_t から遠ざけるべく、パネルの構造パラメータを調整するようにしてもよい（請求項3）。

【0009】パネルの構造パラメータの調整に際しては、図1に示すように、(a) 騒音の周波数特性等から目標周波数 f_t を設定し、(b) パネルの寸法、材質、支持条件等の制約条件を抽出し、(c) 該制約条件下で前記パネルに発生する複数の振動モードのそれぞれの周波数および歪みエネルギー分布を検出し、(d) 図2(a)、

(b) および図3(a)、(b)に、目標周波数 f_t に対し、放射効率の低い2×2モードの振動を励起させたい場合のものを一例として示すように、目標周波数 f_t と各振動モードの周波数との大小関係から、変更すべき構造パラメータを決定し、(e) 歪みエネルギーが大きい部分を黒色部分で示す有限要素法による歪みエネルギー分布図である図4(a)～(c)に示すように、各振動モードの歪みエネルギー分布から、構造パラメータを変更すべき部位（歪みエネルギー分布の大きい箇所）を決定すればよい（請求項4）。

【0010】上記パネルが正方形または正方形に近い長方形でない場合、フレームまたはビードで周囲を拘束された正方形または正方形に近い長方形をパネル内に形成することが好ましい（請求項5）。

【0011】上記パネルが車両の車体パネルよりなる場合には、サスペンションの共振周波数を目標周波数 f_t として設定すればよい（請求項6）。具体的には、車両がストラット式サスペンションを備えている場合には、このストラット式サスペンションの車幅方向への倒れ共振周波数を前記目標周波数 f_t として設定すればよい（請求項7）。あるいは、車両のタイヤ空洞共鳴周波数を目標周波数 f_t として設定してもよい（請求項8）。さらに、サスペンションの車幅方向への倒れ共振周波数とタイヤ空洞共鳴周波数との双方を目標周波数 f_t として設定してもよい（請求項8）。上記車体パネルは例えばフロアパネルである（請求項9）。

【0012】所定の振動モード周波数を目標周波数 f_t へ近付けるための上記構造パラメータの変更は、パネルの面剛性分布を変えることにより行なう（請求項10）。

【0013】例えば、放射効率の低い振動モードの周波数をその周波数よりも高い目標周波数 f 、に近付けるためには、その振動モードでの歪みエネルギー分布の大きい部分における面剛性を調整する（請求項10）。

【0014】具体的には、図2（a）に示すように、その部分の面曲率を調整すること、その部分に面外への突出部を形成すること、この突出部の突出量を増大させること、および、図2（b）に示すように、その部分にビードを形成することのうちの少なくとも1つを行なうことにより、面剛性を増大させる（請求項11）。

【0015】また、例えば、放射効率の低い振動モードの周波数をその周波数よりも低い目標周波数 f 、に近付けるためには、図3（a）に示すように、その振動モードでの歪みエネルギー分布の大きい部分における面密度を増大させればよい（請求項12、13）、ビードを取り除くこと等によってその部分の面剛性を低下させることによっても可能である。

【0016】なお、上述の例は放射効率の低い振動モードの周波数を目標周波数 f 、に近付ける場合であるが、放射効率の高い振動モードの周波数を目標周波数 f 、から遠ざける場合、上述の作業とは逆方向の作業を行なえばよい。

【0017】また、モード周波数が目標周波数 f 、に等しいときには、図3（b）に示すように、他の放射効率の高いモード（ 1×1 、 1×3 ）の抑圧のために、そのモードの歪みエネルギー分布の大きい部分に制振材を添付すればよい（請求項13）。上記パネルに励起される振動モードを $n \times m$ モード（ $n = 1, 2, 3, \dots$ 所定方向の振動の腹の数； $m = 1, 2, 3, \dots$ 前記所定方向に対して垂直方向の振動の腹の数）とすると、放射効率の低い振動モードは、例えば 2×2 モードのように、 $n \times m =$ 偶数となる振動モードである（請求項14、15）。

【0018】本発明によるパネルは、周囲を拘束されたほぼ正方形または正方形に近いほぼ長方形のパネルであって、放射音を低減すべき振動周波数に、放射効率の低い振動モードが励起されるように構造パラメータが設定されてなることを特徴とするものである（請求項16）。

【0019】上記パネルが車両の車体パネルの場合に、放射音を低減すべき振動周波数が、サスペンションの共振周波数に設定されているのが好ましい（請求項17）。あるいは、放射音を低減すべき振動周波数が、車両のタイヤ空洞共鳴周波数に設定されていてもよい（請求項18）。さらに、放射音を低減すべき振動周波数が、サスペンションの共振周波数と、タイヤ空洞共鳴周波数との双方に設定されていてもよい（請求項18）。

【0020】上記車体パネルは例えばフロアパネルであり（請求項19）、このフロアパネルは、車体フレーム、サイドシルおよびフロアトンネル形成部材により周

囲を拘束されているものである（請求項20）。

【0021】このようなパネルにおいては、図2

（a）、（b）に示すように、パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面剛性分布の調整により、構造パラメータの設定を行なうことができ（請求項21）、具体的には、その部分の面曲率を調整すること、その部分に面外への突出部を形成すること、この突出部の突出量を調整すること、およびその部分にビードを形成することのうちの少なくとも1つを行なうことにより、面剛性を調整する（請求項22）。

【0022】また、このパネルにおいては、図3（a）に示すように、パネルの歪みエネルギー分布の大きい部分の面密度分布の調整によっても構造パラメータの設定を行なうことができ（請求項23）、この面密度分布の調整は、面密度の調整により、あるいは制振材添付により行なわれる（請求項24、請求項25）。

【0023】

【発明の効果】図5は周囲を拘束されたほぼ正方形のパネル面内に励起される振動モードと放射音エネルギーとの関係を示す説明図である。

【0024】図5（a）に示す 1×1 モードでは放射効率が高く放射音が大であるが、図5（b）に示す 1×2 モードでは、放射音が相殺されて、放射効率が低下する。また、図5（c）に示す 2×2 モード、および図5（d）に示す 2×3 モードでも、放射音が相殺されて、放射効率が低くなる。

【0025】すなわち一般的には、振動モードを $n \times m$ とすると、図6に示すように、 $n \times m =$ 偶数（ $n = 1, 2, 3, \dots$ 所定方向の振動の腹の数； $m = 1, 2, 3, \dots$ 前記所定方向に対して垂直方向の振動の腹の数）となる振動モードが、放射音を低減すべき周波数で励起されるようなパネル構造にすれば、有害な放射音が低減されることになる。

【0026】図7は、周囲を拘束された約 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ の大きさの薄いパネルに励起される低次の振動モードの放射効率を示すグラフである。横軸は周波数比（ k_0 は基準の周波数）を示し、車体振動の k_0/k は0.1程度である。また、縦軸の放射効率は図の下方へ向かうほど低下する。図7を参照すると、 $n \times m =$ 奇数の場合は放射効率が高く、 $n \times m =$ 偶数の場合は放射効率が低いことがわかる。そして、 $n \times m =$ 奇数の場合でも 1×1 モードの放射効率が最も高く、 $n \times m =$ 偶数の場合でも 2×2 モードの放射効率が最も低く、この 2×2 モードの放射効率は 1×1 モードの放射効率の1/100程度にまで低下することがわかる。

【0027】したがって、放射効率が低い振動モード（ 1×2 モードまたは 2×2 モード）が放射音を低減すべき周波数で励起されるようなパネル構造にすれば、有害な放射音が低減されることになる。また放射効率が高い振動モード（例えば 1×1 モード、 1×3 モード）が

放射音を低減すべき周波数で励起されている場合は、これを放射音を低減すべき周波数から遠ざけることによっても、有害な放射音が低減されることになる。

【0028】例えば、パネルが車両の車体パネルである場合に、車両走行中におけるサスペンションの共振周波数が上記パネルに伝達されて、160Hz付近をピークレベルとする車室内騒音を生じたとする。そこで、上記サスペンションの共振周波数を目標周波数 f_s として設定することにより、車室内騒音レベルを低減することができる。

【0029】また、走行車両走行時にタイヤに発生する定在波に起因するタイヤの空洞共鳴がフロアパネルに伝達されて、250Hz付近をピークレベルとする車室内騒音を生じたとする。そこで、上記タイヤの空洞共鳴周波数を目標周波数 f_s として設定することにより、車室内騒音レベルを低減することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0031】図8は本発明によるパネルの放射音低減方法を用いて放射音低減対策の施された正方形のフロアパネル（以下、本発明により放射音低減対策の施されたパネルをMCP（モードコントロール パネル）と呼び、対策の施される以前のパネルを単にPと呼ぶ）をフロアトンネルの左右に備えた車両のフロントフロアを示す斜視図で、2枚のフロアパネルMCPは、フロアトンネル10およびサイドシル11によって左右縁部を拘束され、かつ、No. 2クロスメンバ12およびNo. 3クロスメンバ13によって前後縁を拘束されていることによって全周を拘束されている。

【0032】図9および図10は、本発明により放射音低減対策の施された4枚のフロアパネルMCPがNo. 2クロスメンバ12の前後に設けられている場合の車両のフロアを示す斜視図であり、フロアパネルMCPのフロアトンネル10側は、トンネルサイドレインフォースメント14によって拘束され、それぞれ全周を拘束されている。各フロアパネルMCPに描かれている4個の円形は、後述するように放射音低減対策のための凸部ないし凹部を示し、図9と図10とでは、前方側のフロアパネルMCPにおける凸部ないし凹部の配列が異なっている。

【0033】一般にフロアパネルには、水抜き用の穴や位置決め用の穴あるいは突起が設けられているが、これらが、MCPの動作に悪影響を与える位置（例えば、2×2モードの歪みエネルギーが小さい位置）にならないように、凸部ないし凹部の配列を決定している。

【0034】図11および図12は、本発明によるパネルの放射音低減方法において、放射効率の低い振動モード（1×2モードまたは2×2モード）のモード周波数を目標周波数 f_s に近付ける場合の実施の形態を説明す

るフローチャートである。以下このフローチャートに沿って説明する。なお、Sは各ステップを表す。

【0035】＜ステップ1＞ 放射音を低減すべき目標周波数 f_s の設定：本発明の方法においては、まず放射音を低減すべき周波数を目標周波数 f_s として設定する。

【0036】一般的な車室内騒音の周波数分析の結果、車両がストラット式サスペンションを備えている場合に、車両走行中における上記ストラット式サスペンションの車幅方向への倒れ共振がフロアパネルPに伝達されて、図13に示すように、1/3オクターブバンド分析を行なうと、160Hzバンドに騒音レベルのピークを生じる。そこで、160Hzを放射音を低減すべき目標周波数 f_s として設定している。このオクターブバンド分析については一般に知られているので、ここでの説明は省略する（例えば、北村恒二著「新訂・騒音と振動のシステム計測」コロナ社刊、昭和50年2月10日初版発行参照）。音の測定・分析については、この「バンド」という単位が一般的に用いられており、また、この「バンド」という言葉は「帯域」とも記載される。本明細書の請求項16～18における「振動周波数」はこの「バンド」という幅を持った値を含んでいる。

【0037】なお、図13においては、250Hzバンドにおいても騒音レベルのピークが認められるが、これは走行車両走行時にタイヤに発生する定在波に起因するタイヤの空洞共鳴の周波数であり、この騒音レベルも大きいときには、後述するように、160Hzに併せて250Hzも目標周波数 f_s として設定すればよい。

【0038】サスペンション系共振周波数は、図14に概略的に示す測定装置を用いて測定することができる。すなわち、図14に平面図で示す車体1のホイールに対して加振器2から車幅方向の振動を加え、この加振器2の出力と、サスペンション上部に取り付けた加速度センサ3の出力とを周波数分析器4に入力して、共振周波数を測定することができる。

【0039】また、タイヤの空洞共鳴周波数は、図15に概略的に示す測定装置を用いて測定することができる。すなわち、タイヤ5に対して加振器2から上下方向の振動を加え、この加振器2の出力と、サスペンション上部に取り付けた加速度センサ3の出力とを周波数分析器4に入力して、共振周波数を測定することができる。

【0040】＜ステップ2＞ 制約条件の抽出：次にパネルPの寸法、材質、支持条件等の制約条件を抽出する。パネルPの初期条件を、図16に示すように、450×450×0.65mm（縦×横×厚さ）の寸法を有しフレームFによって全周を拘束されたSPC製のフラットパネルとする。

【0041】＜ステップ3、4＞ パネル形状のチェック：パネルPの形状がほぼ正方形（または長方形）であるか否かをチェックし（S3）、上述のように正方形

(または正方形に近い長方形)の場合はそのままよいが(S3: YES)、に正方形(または正方形に近い長方形)でなければ(S3: NO)、パネルP内にフレームまたはビードにより周囲を拘束された正方形(または正方形に近い長方形)のパネルをつくり、このパネルに対して放射音低減対策を施す(S4)。この理由は、正方形パネルで得られる2×2モードが放射効率がより低いからである。

【0042】<ステップ5> 初期形状のパネルPの各振動モードの周波数調査および歪みエネルギー分布調査：パネルPの各振動モードの周波数および歪みエネルギー分布は計算解析によっても求めることができる。そして、各振動モードの周波数の調査結果から、後のステップで、目標周波数に対し比較的放射効率の低い2×2モードを励起させたい場合の対策である図2(a)、(b)および図3(a)、(b)に示すように、変更パラメータを決定するとともに、図4(a)～(c)に示す有限要素法による歪みエネルギー分布(黒色部分の歪みエネルギーが大きい)の調査結果から変更位置を決定する。

【0043】図17はパネルP(単体)の振動モード周波数を測定装置を用いて実際に測定する場合の概略図である。防音箱6に車体1から切り出したフロアパネルPを周囲を拘束した状態で取り付け、パネルPに対して加振器2から上下方向の振動を加え、この加振器2の出力と、フロアパネルPに取り付けた加速度センサ3の出力とを周波数分析器4に入力するとともに、パネルPの上面近傍に音響インテンシティブローブ7を設け、このブローブ7の出力を音響インテンシティ分析器(A、I、分析器)8に加え、両分析器4、8の出力をコンピュータ9に入力して、各振動モードの周波数、放射音響パワーおよび放射効率を求めることができる。

【0044】また、図18は、実車のフロアパネルについての振動モード周波数の測定装置の概略図である。この場合は、例えば車体1のNo.2クロスメンバ12(図9、図10参照)に対して加振器2から上下方向の振動を加え、この加振器2の出力と、フロアパネルPに取り付けた加速度センサ3の出力とを周波数分析器4に入力するとともに、フロアパネルPの上面近傍に音響インテンシティブローブ7を設け、このブローブ7の出力を音響インテンシティ分析器8に加え、両分析器4、8の出力をコンピュータ9に入力して、各振動モードの周波数、放射音響パワーおよび放射効率を求めることができる。

【0045】<ステップ6、7> 放射効率の低い振動モードの周波数 f_n と目標周波数 f_s との比較：フラットパネルPにおける放射効率の低い振動モード(1×2モードまたは2×2モード)の周波数 f_n が目標周波数 f_s よりも高いか否かを判定し(S6)、 $f_n > f_s$ であれば(S6: YES)、S8へ進み、 $f_n \leq f_s$ であれば(S6: NO)、 f_n が目標周波数 f_s よりも低い

か否かを判定し(S7)、 $f_n < f_s$ であれば(S7: YES)、図2(a)、(b)に示すように、面剛性分布変更により f_n を f_s に近付けるべく、図12のS9へ進み、 $f_n = f_s$ であれば(S7: NO)、図12のS13へ進む。

【0046】<ステップ8> 変更すべき構造パラメータの選択： $f_n > f_s$ のときには(S6: YES)、パネルPの制約条件、すなわち、寸法、材質、支持条件等から構造パラメータの変更を、面剛性分布の変更(S9)によって行なうかあるいは面密度分布の変更(S11)によって行なうかを選択する。

【0047】さらに具体的に述べると、 $f_n > f_s$ のとき、 f_n を下げて f_s に一致させる場合、

(1) 面剛性分布の変更

すなわち、図4(a)の歪みエネルギーの大きい黒色領域にビードや凹凸があれば、これを除いてフラットにすることで f_n を下げる。

【0048】(2) 面密度分布の変更

すなわち、図4(a)の歪みエネルギーの大きい黒色領域にビードや凹凸形状がある場合でも、あるいはフラットであっても、この領域に制振材等の剛性に影響のない、かつ質量付加の影響の大きい材料を貼付する。フラットパネルの剛性を下げるには、一部を薄くしなければならぬので、技術的に困難であり、面密度分布の変更を選択するしかない。

【0049】<ステップ9、10> 面剛性分布の変更による f_n の調整：

(例1) 曲面の形成による f_n の調整

ステップ5の調査の結果、初期状態のパネル(フラットパネル)に励起する1×2モードの歪みエネルギー大の部分が図19に斜線で示すような領域に存在し、その振動周波数が例えば56.4Hzである場合、図20に示すように、パネル面の前記エネルギー大の部分に曲面を形成して面剛性を高めることにより、1×2モードの振動周波数 f_n を目標周波数 f_s (=160Hz)に近付けることができる。なお、図20において、図(a)はパネルMCPの斜視図、図(b)は平面図、図(c)は図(b)のc-c線に沿った断面図、図(d)は図(b)を矢dの方向から見た図、図(e)は図(b)を矢eの方向から見た図である。

【0050】この場合、図21に示すように、曲面の窪みの深さを変えて局部剛性を変更することにより、図22に示すように、振動周波数 f_n が変化する。本例では、曲面の窪みの深さが約4.5mmで、1×2モードの振動周波数を160Hzにすることができた。

【0051】(例2) 曲面およびビードによる f_n の調整

ステップ5の調査の結果、初期状態のフラットパネルPに励起する2×2モード(実線)および斜め2×2モード(破線)の歪みエネルギー分布が図23に示すような領

域(斜線)になっており、 2×2 モードの振動周波数が77Hz、斜め 2×2 モードの振動周波数が53Hzであった。車室内騒音レベルは、図13に示すように、160Hzと250Hzの双方のバンドでピークを示している。

【0052】この場合は、図24および図25に示すように、 2×2 モードについては、歪みエネルギー大の部分に深さ5mmの窪みを設けることによって面剛性を高め、斜め 2×2 モードについては、歪みエネルギー大の部分に中心方向に延びるビード21を設けることによって面剛性を高めた。なお、図24において、図(a)はパネルMCPの斜視図、図(b)は平面図、図(c)は図(b)のc-c線に沿った断面図、図(d)は図(b)を矢dの方向から見た図、図(e)は図(b)を矢eの方向から見た図である。

【0053】計算解析の結果、図26に示すように中心線に腹を生じる斜め 2×2 モードの振動周波数が184Hzに上昇し、また、図27に示すように対角線に腹を生じる 2×2 モードの振動周波数が274Hzに上昇した。そして、粗粒路における時速60kmの定常走行時の車室内騒音レベルを図28に示すように約5dB低下させることができた。

【0054】(例3)4個の凸部(または凹部)の配置による f_0 の調整

パネルP面上に、図29に示すような高さ2mmの4個の凸部を配置した場合の計算解析結果では、図30に示すように、対角線に腹を生じる 2×2 モードの振動周波数が172Hzになった。

【0055】(例4)対角線に配置した2個の凸部と2個の凹部による f_0 の調整

図31に示すように、パネルP面の一方の対角線に高さ3mmの2個の凸部を、他方の対角線に深さ3mmの2個の凹部を配置した場合の計算解析結果では、図32に示すように、中心線に腹を生じる 2×2 モードの振動周波数が164Hzになった。

【0056】(例5)ビードによる f_0 の調整

パネルP面上に図33に示すような、対角線に斜めのビード22を形成した場合の計算解析結果では、図34に示すように、対角線に腹を生じる 2×2 モードの振動周波数が159Hzになった。

【0057】<ステップ11, 12> 面密度分布の変更による f_0 の調整:

* 【表1】

主要なモードの周波数(1/3オクターブバンド 中心周波数)

1×1	1×2	斜め2×2	2×2	3×1
100Hz バンド	125Hz バンド	160Hz バンド	250Hz バンド	400Hz バンド
悪影響が生じる	騒音低減に効果有り			悪影響小

【0064】(2) 面密度分布変更: 図42に示すように、中央部分の面密度を制振材24の貼付により高めて1×1モードの周波数を低周波域にシフトする。その結

* (例) パネルPの 2×2 モード周波数よりも低い周波数を目標周波数 f_0 に設定する場合

図35に示すように、車室内騒音レベルに50Hzバンドのピークが生じている場合、図36に示すように、対角線に沿って質量23を添加して対角線上の面密度を高める。図37は、パネルの面密度を高めるため、パネル面に重量物を添加したときの添加重量に対する 2×2 モードの周波数変化の関係を示す図である。この場合は、480gの質量添加により、図36に示すような対角線に腹を生じる 2×2 モード周波数は50.0Hzに低下し、その結果、図38に示すように、50Hzにおける車室内騒音レベルが約7dB低下した。

【0058】<ステップ13, 14> ダンピング分布変更による 2×2 モード以外の振動モードの抑圧: フラットパネルPの 2×2 モード周波数に近い周波数を目標周波数 f_0 に設定する場合には、制振材添付によりダンピング分布を変更し、 2×2 モード以外の振動モードを抑圧する(S13)。

【0059】例えば図39に示すように、車室内騒音レベルがフラットパネルの 2×2 モード周波数に近い80Hzに山を示した場合、図3(b)に示すようにパネルに制振材を添付することにより、図40に示すように、パネルの音響放射パワー全体が低下し、その結果、車室内騒音レベルも図41に示すように低下した。

【0060】また、S9, S10およびS11, S12の処理の後においても、制振材添付によるダンピング分布の変更により(S14)、 2×2 モード以外の振動モードを抑圧するのがよい。

【0061】<面剛性分布変更と面密度分布変更の組み合わせ(2×2モードの場合)>

(1) 面剛性分布変更: 車室内騒音レベルが図13に示すように160Hzバンドおよび250Hzバンドにピークを有する場合、前述した図24の窪みの深さを5mmとする曲面形成により、160Hzおよび250Hzを狙った f_0 の調整を行なう。

【0062】この面剛性分布変更により、主要なモードの周波数(1/3オクターブバンド中心周波数)は下記の表1のようになり、放射効率の高い1×1モードが100Hzバンドに発生し、悪影響が生じている。

【0063】

* 【表1】

主要なモードの周波数(1/3オクターブバンド 中心周波数)

1×1	1×2	斜め2×2	2×2	3×1
100Hz バンド	125Hz バンド	160Hz バンド	250Hz バンド	400Hz バンド
悪影響が生じる	騒音低減に効果有り			悪影響小

果、主要なモードの周波数(1/3オクターブバンド中心周波数)は下記の表2のようになり、1×1モード周波数は50Hzバンドにシフトされて悪影響は小さくなっ

た。なお、図42において、図(a)はパネルMCPの * 図である。
 斜視図、図(b)は平面図、図(c)は図(b)のc-c 【0065】
 c線に沿った断面図、図(d)は図(b)の矢dの方向 【表2】
 から見た図、図(e)は図(b)の矢eの方向から見た*

主要なモードの周波数 (1/3 オクターブバンド 中心周波数)

1×1	1×2	斜め2×2	2×2	3×1
50Hz バンド	125Hz バンド	160Hz バンド	250Hz バンド	消滅
悪影響小	騒音低減に効果有り			悪影響なし

【0066】＜実車パネルからの設計変更例＞

(1) 面剛性変更：図43に示すように、前記と同様の4
 50×450×0.65mm(縦×横×厚さ)の寸法を有
 するが、3本の縦方向のビード25が平行に設けられて
 いて高い面剛性を有する全周を拘束されたSPC製のフ
 ロアパネルPを初期状態とする。なお、図43におい
 て、図(a)はパネルPの平面図、図(b)は図(a)
 の矢bの方向から見た図、図(c)は図(a)のc-c※

※線に沿った断面図、図(d)は図(a)の矢dの方向か
 ら見た図である。この場合、下記の表3に示すように、
 2×2モードも斜め2×2モードも生じておらず、しか
 も160Hzバンドに1×1モードが存在し、250Hzパ
 ンドに3×1モードが存在して悪影響を与えている。

【0067】

【表3】

主要なモードの周波数 (1/3 オクターブバンド 中心周波数)

1×1	1×2	斜め2×2	2×2	3×1
160Hz バンド	200Hz バンド	無し	無し	250Hz
悪影響大	騒音低減の効果無し			悪影響大

【0068】そこで、図44に示すように、左右のビー
 ド25の深さを浅くし、あるいは傾斜を緩やかにして面
 剛性を下げるとともに、パネルPの中心線に沿って横方
 向のビード26を追加することにより、下記の表4に示
 すように、1×1モードは50Hzバンドにシフトされ、
 3×1モードは消滅するとともに、騒音低減効果を有す
 る2×2モードが160Hzバンドに出現した。なお、図★

★44において、図(a)はパネルMCPの平面図、図
 (b)は図(a)の矢bの方向から見た図、図(c)は
 図(a)のc-c線に沿った断面図、図(d)は図
 (a)の矢dの方向から見た図である。

【0069】

【表4】

主要なモードの周波数 (1/3 オクターブバンド 中心周波数)

1×1	1×2	斜め2×2	2×2	3×1
50Hz バンド	消滅	無し	160Hzバンド	消滅
悪影響小			騒音低減の効果有り	悪影響小

【0070】(2) 面密度変更：図45に示すように、前
 記と同様の450×450×0.65mm(縦×横×厚
 さ)の寸法を有するが、3本の縦方向のリブ27が平行
 に設けられていて高い面密度を有する全周を拘束された
 SPC製のフロアパネルPを初期状態とする。なお、図
 45において、図(a)はパネルPの平面図、図(b)
 は図(a)の矢bの方向から見た図、図(c)は図
 (a)のc-c線に沿った断面図、図(d)は図(a)

の矢dの方向から見た図である。この場合、下記の表5
 に示すように、2×2モードも斜め2×2モードも生じ
 ておらず、しかも50Hzバンドに高いレベルの1×1モ
 ードが存在し、100Hzバンドに3×1モードが存在し
 て悪影響を与えている。

【0071】

【表5】

主要なモードの周波数 (1/3 オクターブバンド 中心周波数)

1×1	1×2	斜め2×2	2×2	3×1
50Hz バンド	63Hz バンド	無し	無し	100Hz
悪影響大	騒音低減の効果無し			悪影響大

【0072】そこで、図46に示すように、左右のリブ27の高さを低くし、あるいは幅を細くして面密度を下げるとともに、パネルPの中心線に沿って横方向のリブ28を追加することにより、下記の表6に示すように、1×1モードのレベルが低下し、3×1モードは消滅するとともに、騒音低減効果を有する2×2モードが160Hz帯に出現した。なお、図46において、図(a)は*

主要なモードの周波数 (1/3 オクターブバンド 中心周波数)

1×1	1×2	斜め2×2	2×2	3×1
50Hzバンド	消滅	無し	160Hz	消滅
悪影響小			騒音低減に効果有り	悪影響小

【0074】図47は、本発明によるフロアパネルMCPをフロアトンネル10の左右に備えた車両のフロントフロアを前述の図8よりもより詳細に示す拡大斜視図、図48は図47のA-A線に沿った断面図である。2枚のフロアパネルMCPは、フロアトンネル10およびサイドシル11によって左右縁部を拘束され、No. 2およびNo. 3クロスメンバ(図示は省略)によって前後縁を拘束されている。そして、図31と同様に、パネルP面の一方の対角線上に高さ3mm程度の2個の凸部14、14を、他方の対角線上に深さ3mm程度の2個の凹部15、15を配置した場合であり、中心線上に腹を生じる2×2モードが約160Hzで励起されて、車室内騒音を低減するように構成されている。

【0075】なお、図47においては、両フロアパネルMCPの一方の凹部15の中央には水抜き孔16が形成され、他方の凹部15には位置出し孔17が形成されているが、これら孔16、17の存在によって、フロアパネルMCPの騒音低減効果が減退されるおそれはないものである。

【0076】図49は、4個の凹部15を対角線上に備えたフロアパネルMCPの一例を示す平面図であり、図50および図51はそれぞれ、図49のA-A線、B-Bに沿った断面図である。また、図52は、4個の凹部15を対角線上に備えたフロアパネルMCPを備えた車両のフロントフロアの部分的平面図であり、図53は図53のA-A線に沿った断面図である。図52に符号29、30で示す線は、剛性向上のために設けられた折れ部である。

【0077】さらに、図54は、4個の凹部15を対角線上に備えた本発明によるフロアパネルMCPをフロアトンネル10の左右に備えた車両のフロントフロアを前

* パネルMCPの平面図、図(b)は図(a)の矢bの方向から見た図、図(c)は図(a)のc-c線に沿った断面図、図(d)は図(a)の矢dの方向から見た図である。

【0073】

【表6】

述の図10よりもより詳細に示す拡大斜視図である。図54に符号31で示す線は、剛性向上のために設けられた折れ部である。

【0078】以上の説明で、本発明によるパネルの放射音低減方法およびこの方法により放射音を低減されたパネルの構成が明らかになったが、本発明は、フロアパネルのような車体パネルのみでなく、振動が伝達されて放射音を発生する可能性のある種々のパネルに適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるパネルの放射音低減方法の一実施の形態において、放射音低減対策に先だって初期状態のフラットパネルに対して行なわれる処理の説明図

【図2】目標周波数と振動モード周波数と大小関係に応じて選択される構造パラメータ調整態様を示す説明図

【図3】目標周波数と振動モード周波数と大小関係に応じて選択される構造パラメータ調整態様を示す説明図

【図4】フラットパネルに励起される振動モードの有限要素法による歪みエネルギー分布図

【図5】パネル面内に励起される振動モードと放射音エネルギーとの関係を示す説明図

【図6】パネル面内に励起されるn×mモードを表す図
【図7】振動モードと放射音エネルギーとの関係を示すグラフ

【図8】本発明によるフロアパネルを備えた車体フロアの一例を示す斜視図

【図9】本発明によるフロアパネルを備えた車体フロアの他の例を示す斜視図

【図10】本発明によるフロアパネルを備えた車体フロアのさらに他の例を示す斜視図

【図11】本発明によるパネルの放射音低減方法の一実

施の形態の説明に供するフローチャートの前半部分

【図12】本発明によるパネルの放射音低減方法の一実施の形態の説明に供するフローチャートの後半部分

【図13】一般的な車両に発生する車室内騒音の周波数特性図

【図14】サスペンション系共振周波数測定装置の概略図

【図15】タイヤ空洞共鳴振周波数測定装置の概略図

【図16】本発明によるパネルの放射音低減方法が適用されるフラットパネルの平面図

【図17】パネル（単体）の振動モード周波数測定装置の概略図

【図18】実車のフロアパネルの振動モード周波数測定装置の概略図

【図19】初期状態のパネルに励起する1×2モードの歪みエネルギー分布図

【図20】パネル面の歪みエネルギー大の部分に曲面を形成して面剛性を高めることによりモード周波数を調整したパネルの斜視図、三面図および断面図

【図21】窪みの深さを変えて局部剛性を変更する方法の説明図

【図22】窪みの深さとモード周波数との関係を示すグラフ

【図23】初期状態のパネルに励起する2×2モードおよび斜め2×2モードの歪みエネルギー分布図

【図24】パネル面の歪みエネルギー大の部分にビードを形成して面剛性を高めることによりモード周波数を調整したパネルの斜視図、三面図および断面図

【図25】図24に示すパネルの曲面状態を示す図

【図26】放射音低減対策後160Hzバンドに発生した斜め2×2モードの歪みエネルギー分布図

【図27】放射音低減対策後250Hzバンドに発生した2×2モードの歪みエネルギー分布図

【図28】面剛性分布の変更による騒音低減効果を表す車室内騒音の周波数特性図

【図29】面剛性分布を変更するためパネル面に凸面を形成したパネルの斜視図

【図30】図29に示すパネルにおいて160Hzバンドに発生した2×2モードの歪みエネルギー分布図

【図31】面剛性分布を変更するためパネル面に凸部を形成したパネルの斜視図

【図32】図31に示すパネルにおいて160Hzバンドに発生した斜め2×2モードの歪みエネルギー分布図

【図33】面剛性分布を変更するためパネル面にビードを形成したパネルの斜視図

【図34】図33に示すパネルにおいて160Hzバンドに発生した2×2モードの歪みエネルギー分布図

【図35】50Hzにピークレベルを有する車室内騒音の周波数特性図

【図36】放射音低減対策後50Hz帯に発生した2×

2モードの歪みエネルギー分布図

【図37】負荷重量とモード周波数との関係を示すグラフ

【図38】面密度分布の変更による車室内騒音低減効果を表す車室内騒音の周波数特性

【図39】初期状態のパネルの振動に起因する車室内騒音の周波数特性図

【図40】制振材添付によるパネルの音響放射エネルギーの低減効果を示す周波数特性図

10 【図41】制振材添付による騒音低減効果を表す車室内騒音の周波数特性図

【図42】パネルの面剛性分布と面密度分布との双方の変更によりモード周波数を調整したパネルの斜視図、三面図および断面図

【図43】ビードを備えた初期状態のパネルの三面図および断面図

【図44】図43のパネルに対して本発明による放射音低減対策を施したパネルの三面図および断面図

20 【図45】リブを備えた初期状態のパネルの三面図および断面図

【図46】図45のパネルに対して本発明による放射音低減対策を施したパネルの三面図および断面図

【図47】本発明によるパネルを備えた車体のフロントフロアの一例構成を示す斜視図

【図48】図47のA-A線に沿った断面図

【図49】本発明によるパネルの一実施の形態を示す平面図

【図50】図49のA-A線に沿った断面図

【図51】図49のB-B線に沿った断面図

【図52】本発明によるパネルを備えた車体のフロントフロアの他の構成を示す平面図

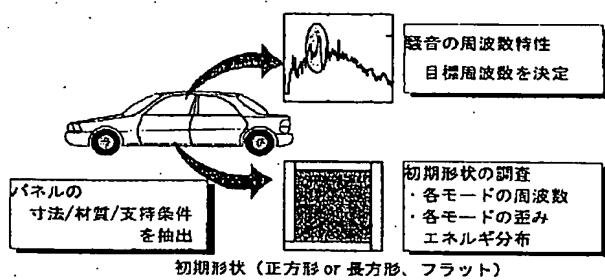
【図53】図53のA-A線に沿った断面図

【図54】本発明によるパネルを備えた車体のフロントフロアのさらに他の構成を示す斜視図

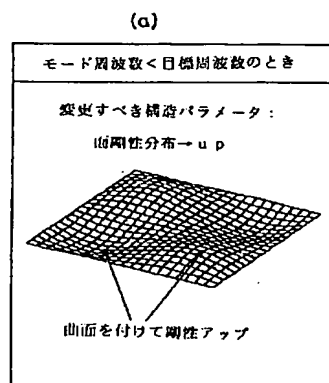
【符号の説明】

- 1 車体
- 2 加振器
- 3 加速度センサ
- 4 周波数分析器
- 5 タイヤ
- 7 音響インテンシティーブローブ
- 8 音響インテンシティー分析器
- 9 パーソナルコンピュータ
- 10 フロアトンネル
- 11 サイドシル
- 12 No. 2クロスメンバ
- 13 No. 3クロスメンバ
- 14 凸部
- 15 凹部

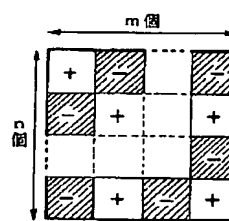
【図1】



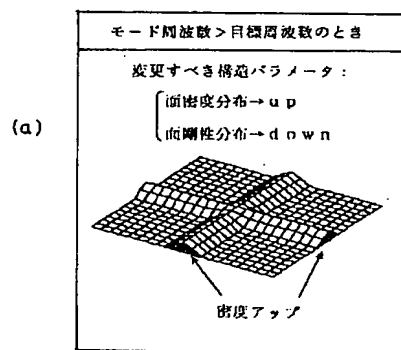
【図2】



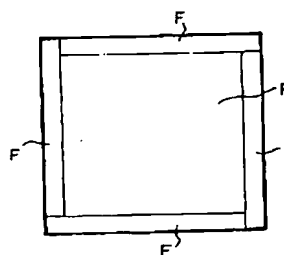
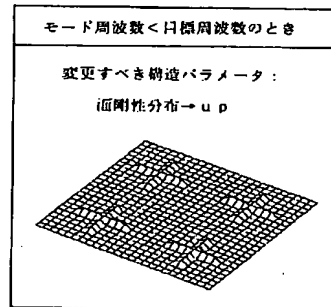
【図6】



【図3】

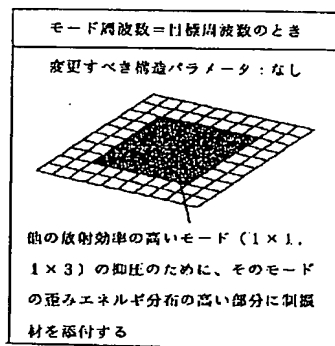


(b)



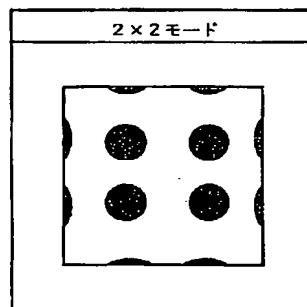
【図16】

(b)

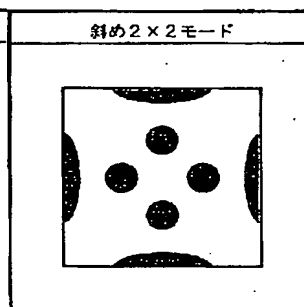


【図4】

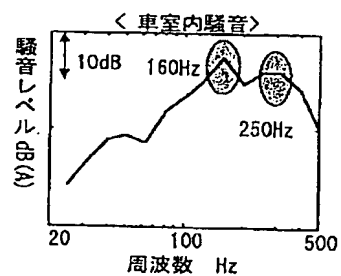
(a)



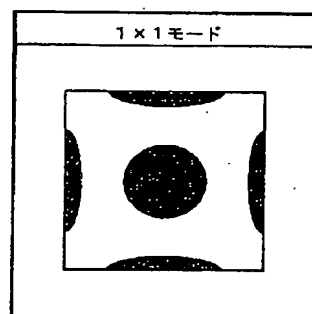
(b)



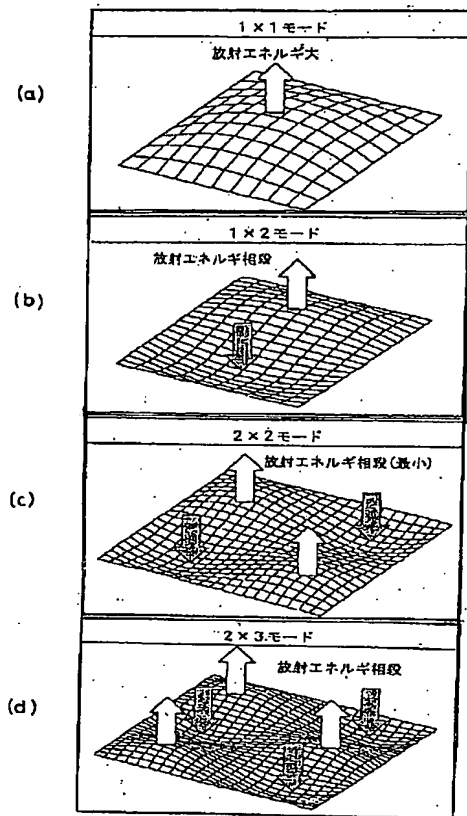
【図13】



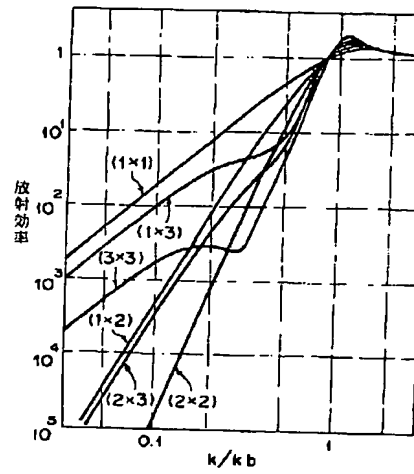
(c)



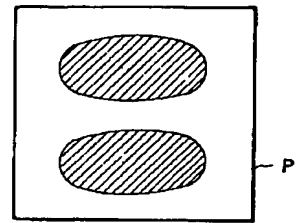
【図5】



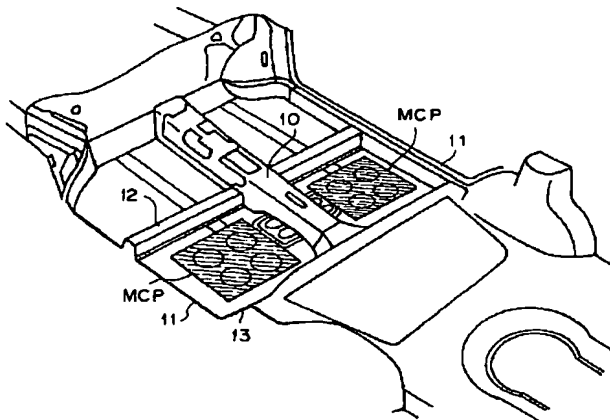
【図7】



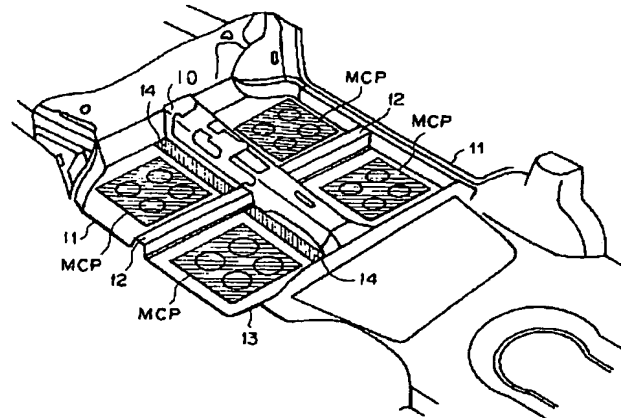
【図19】



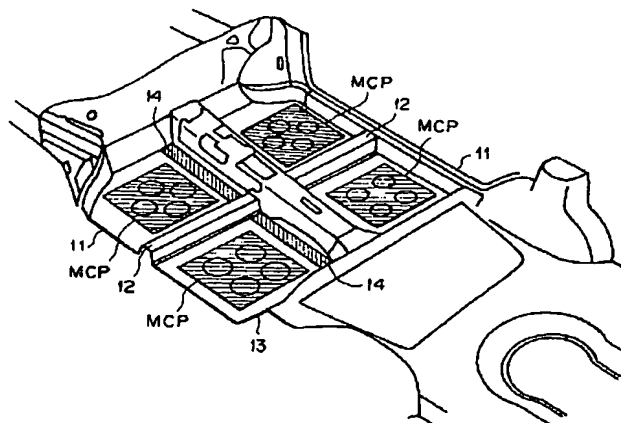
【図8】



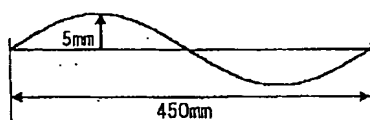
【図9】



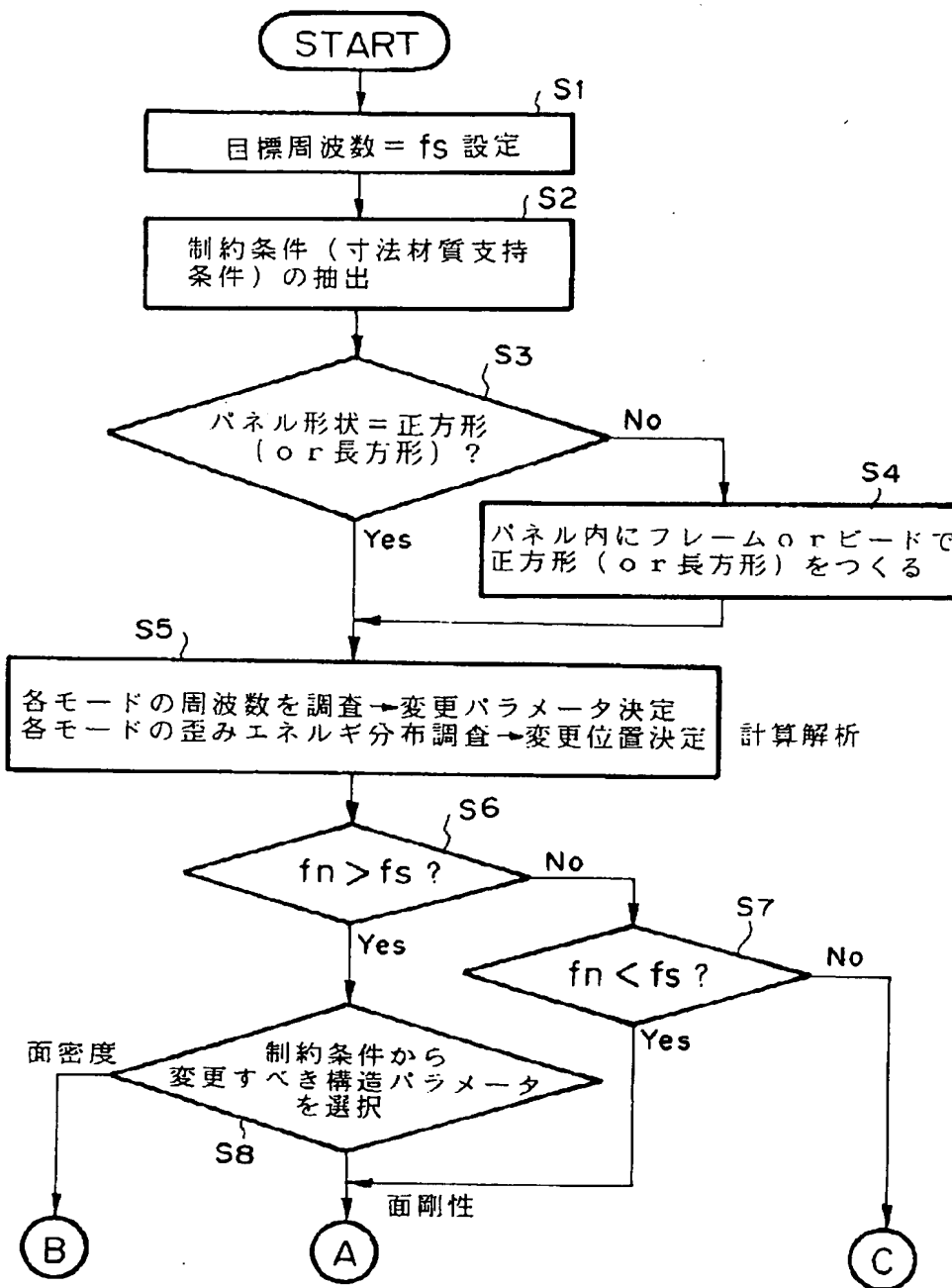
【図10】



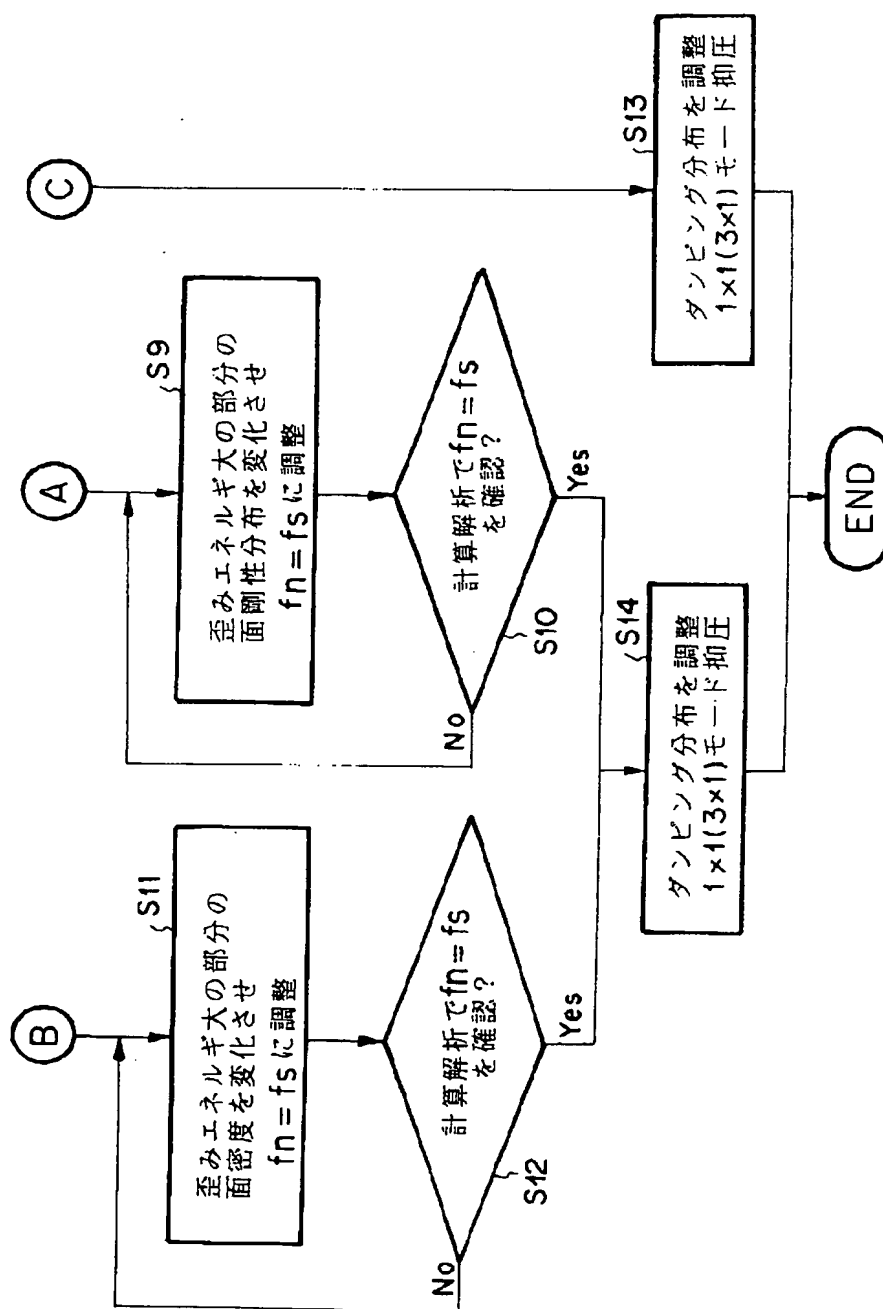
【図25】



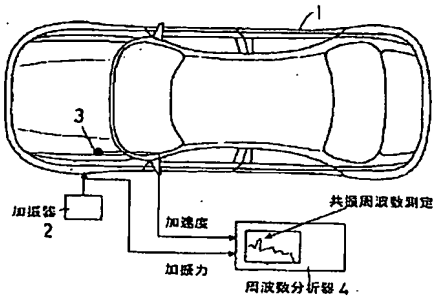
【図11】



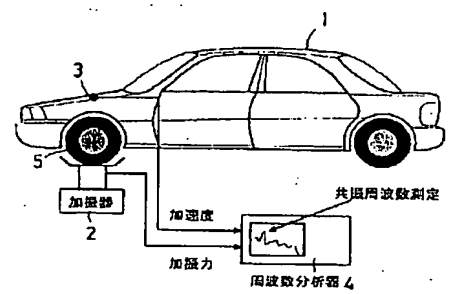
【図12】



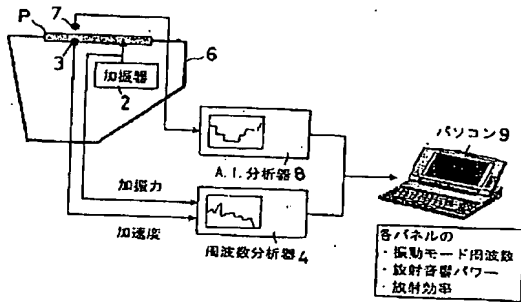
【図14】



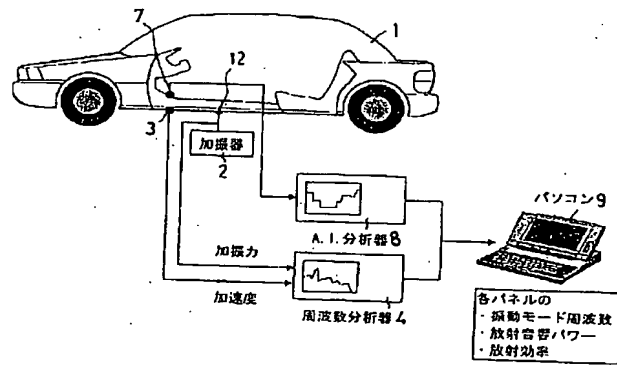
【図15】



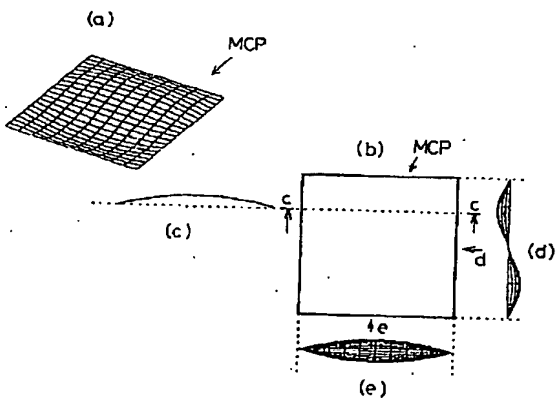
【図17】



【図18】

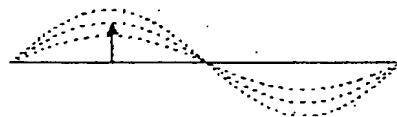


【図20】

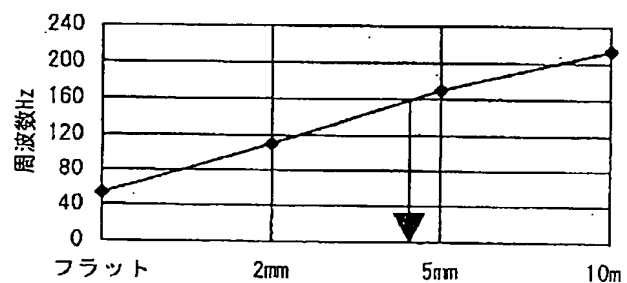


【図21】

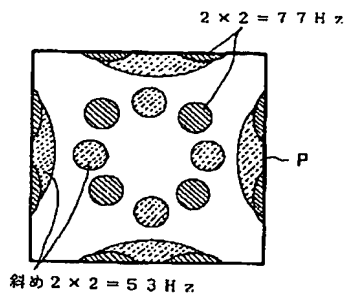
窪みの深さを変えて局部剛性を変更



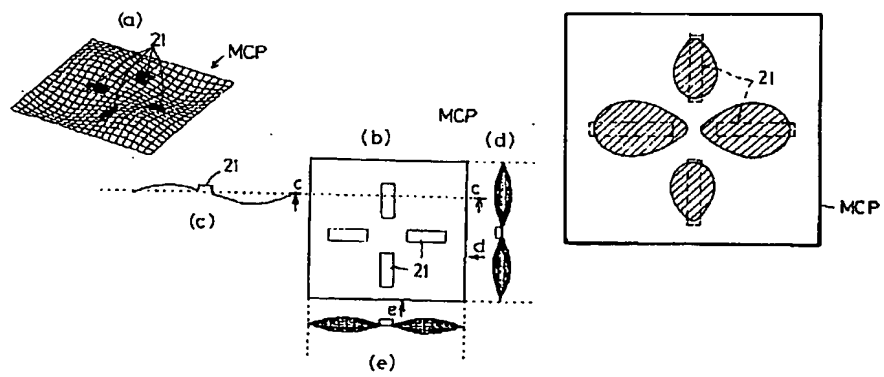
【図22】



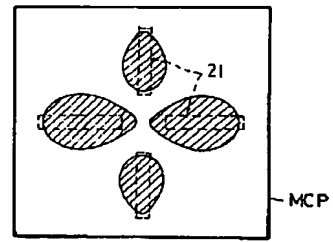
【図23】



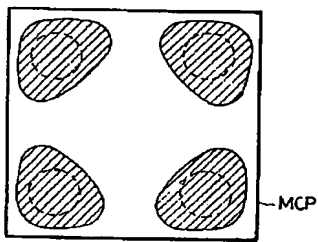
【図24】



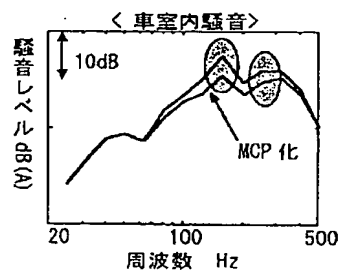
【図26】



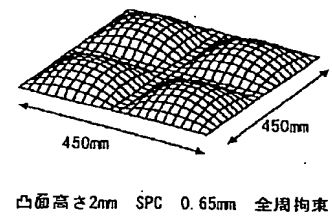
【図27】



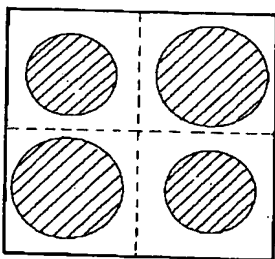
【図28】



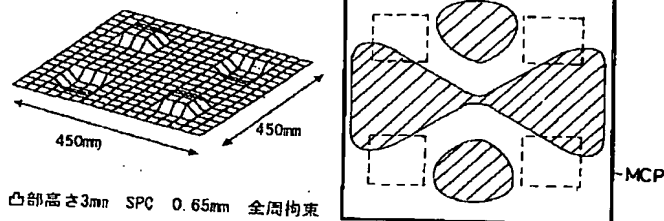
【図29】



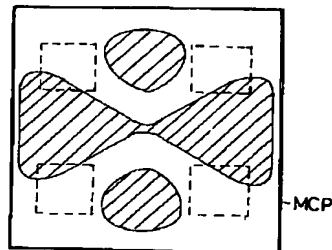
【図30】



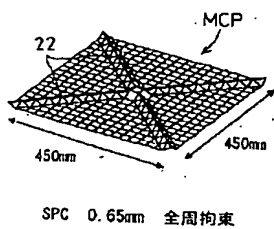
【図31】



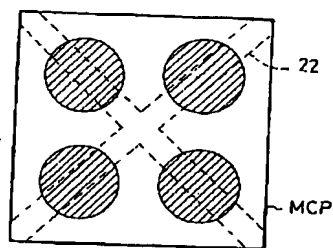
【図32】



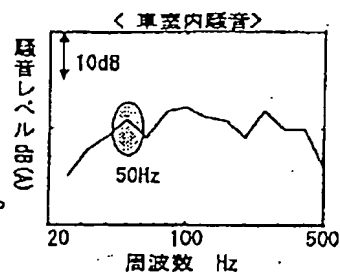
【図33】



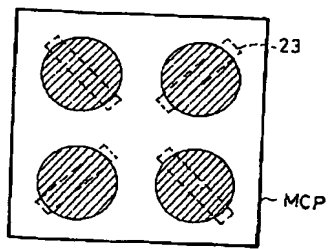
【図34】



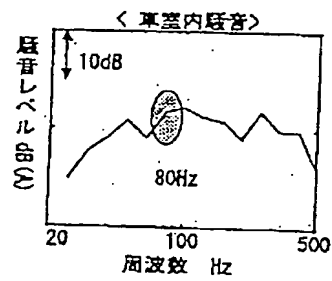
【図35】



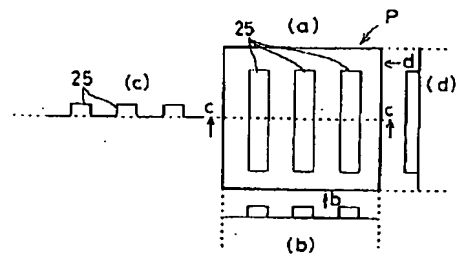
【図36】



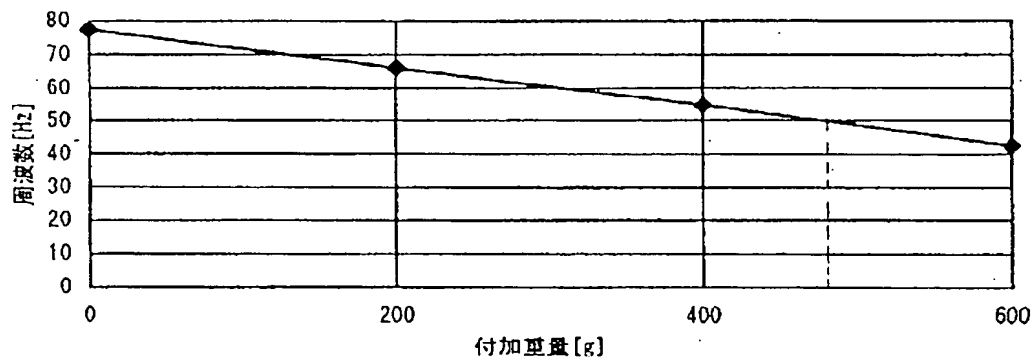
【図39】



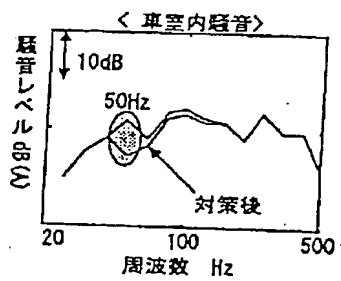
【図43】



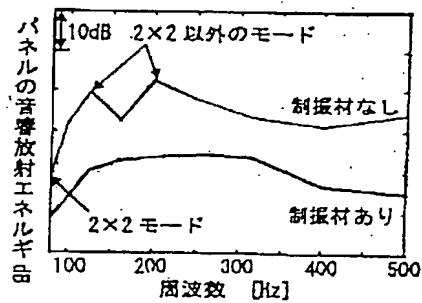
【図37】



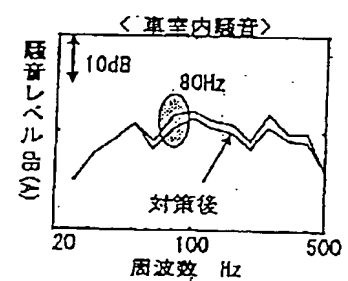
【図38】



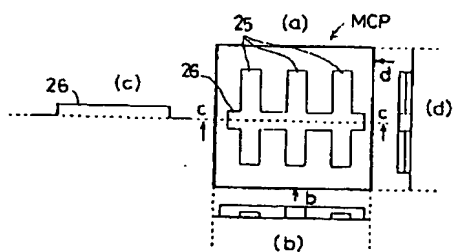
【図40】



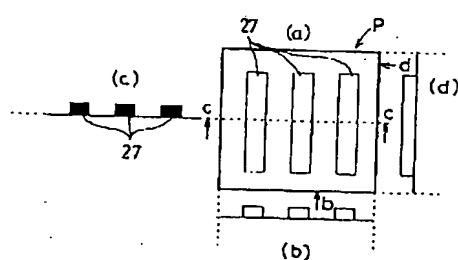
【図41】



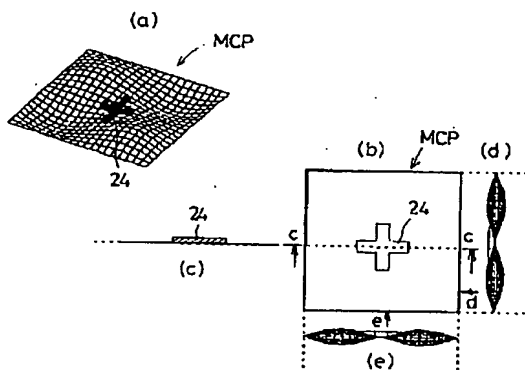
【図44】



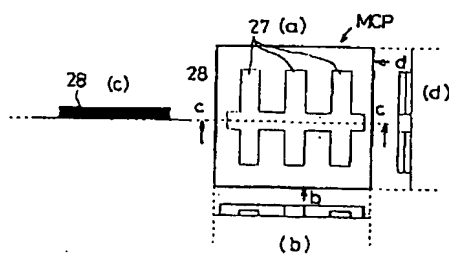
【図45】



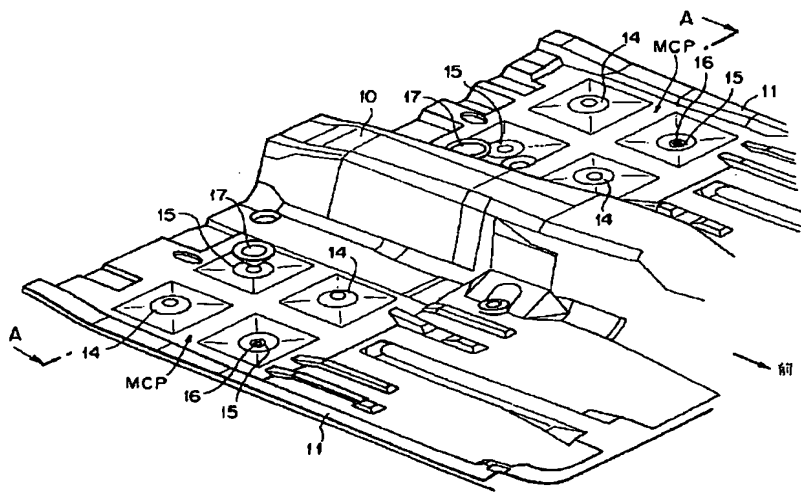
【図42】



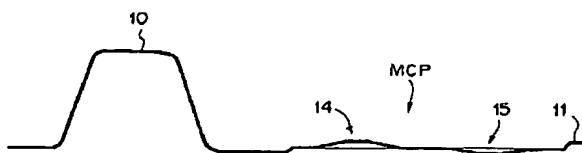
【図46】



【図47】



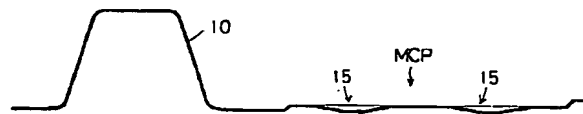
【図48】



【図50】



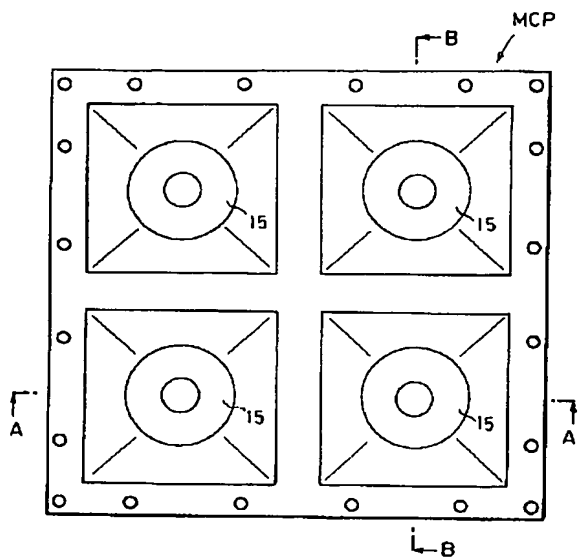
【図53】



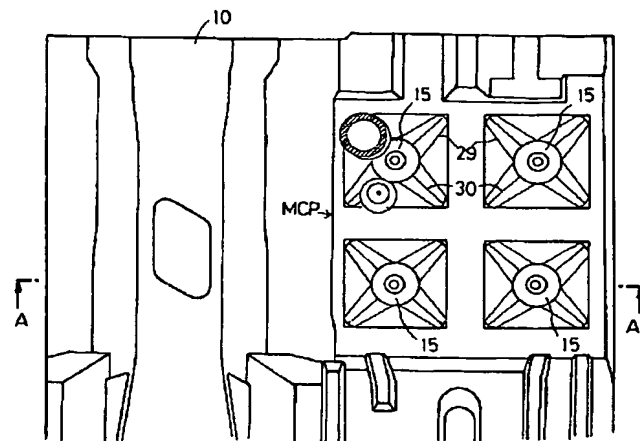
【図51】



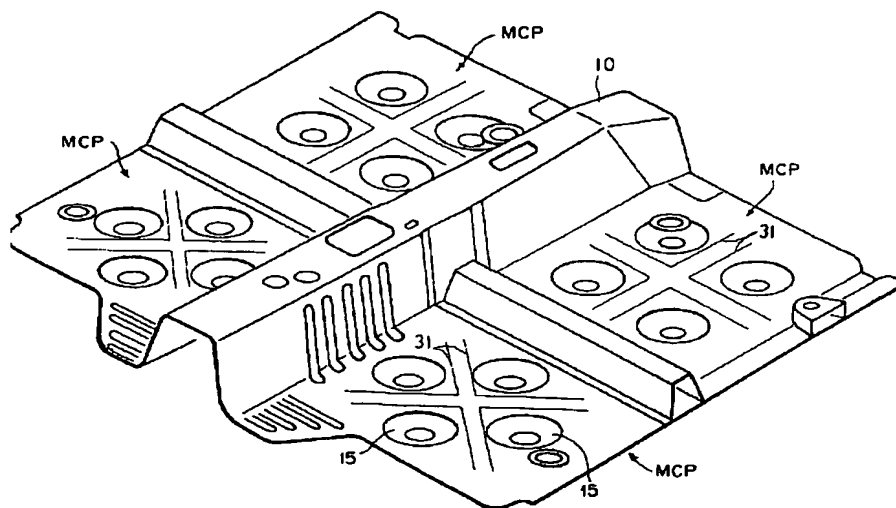
【図49】



【図52】



【図54】



フロントページの続き

(72)発明者 中尾 憲彦
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
株式会社内

(72)発明者 加村 孝信
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
株式会社内